



طراحی نمونه آزمایشگاهی هد خوشه چین گندم برای مطالعات تحقیق و توسعه

ابراهیم فیروزی^۱، علی ماشاءاله کرمانی^{۲*}، جواد خزائی^۳، غلامرضا چگینی^۴، شمس اله عبدالله پور^۵، مهدی قدیری^۶

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، e.firouzi@ut.ac.ir

^۲ استادیار و عضو هیأت علمی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، amkermani@ut.ac.ir

^۳ دانشیار و عضو هیأت علمی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، jkhazaei@ut.ac.ir

^۴ دانشیار و عضو هیأت علمی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، chegini@ut.ac.ir

^۵ دانشیار و عضو هیأت علمی گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تبریز، shams@tabrizu.ac.ir

^۶ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، ghadirimahdi@ut.ac.ir

چکیده

ایران یکی از سیزده تولیدکننده بزرگ گندم در جهان است ولی با این وجود تلفات برداشت گندم در کشور بسیار بالاست به نحوی که مقدار آن گاهی تا حدود ۳۰٪ نیز گزارش شده است. حتی در صورت اعمال بهترین تنظیمات و بهترین شرایط کاری، حدود ۵٪ تا ۱۰٪ محصول تلف می شود که این مقدار در شرایط کار واقعی به مراتب بیشتر می گردد. یک روش مورد استفاده برای کاهش تلفات ریزش محصول غلات و حبوبات استفاده از روش خوشه چینی می باشد که سالهاست در کشورهای اروپایی رایج شده است. در این هد ها از مکانیزم برش که در کمباین های معمولی رایج است استفاده نمی شود بلکه با استفاده از مکانیزم خاصی فقط خوشه محصول کنده می شود و ساقه بدون هیچ برشی در داخل خاک باقی می ماند. با استفاده از این کمباین ها سرعت پیشروی تا ۱۲ km/h قابل افزایش است که این سرعت در مقایسه با حداکثر سرعت در کمباین های معمولی (۲-۶ km/h) به معنای افزایش ظرفیت برداشت تا مقدار ۳ برابری باشد. یکی از دلایل عدم استقبال کشاورزان ایرانی از هد های خوشه چین هزینه بالای آن ها و عدم سازگاری با شرایط مزارع ایران می باشد. در این تحقیق هد خوشه چین آزمایشگاهی مناسب مزارع ایران طراحی شد تا شرایط بهینه دستگاه شناسایی و معایب و مشکلات آن مشخص و سپس بر اساس نتایج حاصله نسبت به ساخت نمونه صنعتی با هزینه کم تر و بازده بیشتر نسبت به هد های وارداتی اقدام گردد.

کلمات کلیدی: طراحی، هد خوشه چین، گندم، ماشین برداشت



Design of Laboratory Prototype of Stripper Header for Research and Development

Ibrahim Firouzi¹, Ali M. Kermani², Javad Khazaei³, Gholamreza Chegini⁴, Shamsollah Abdollahpour⁵, Mahdi ghadiri⁶

¹ M. Sc. Student, Biosystem Mechanical Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, e.firouzi@ut.ac.ir

² Department of Agrotechnology, Aburaihan Campus, University of Tehran, amkermani@ut.ac.ir

³ Department of Agrotechnology, Aburaihan Campus, University of Tehran, jkhazaei@ut.ac.ir

⁴ Department of Agrotechnology, Aburaihan Campus, University of Tehran, chegini@ut.ac.ir

⁵ Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz, shams@tabrizu.ac.ir

⁶ M. Sc. Student, Biosystem Mechanical Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, ghadirimahdi@ut.ac.ir

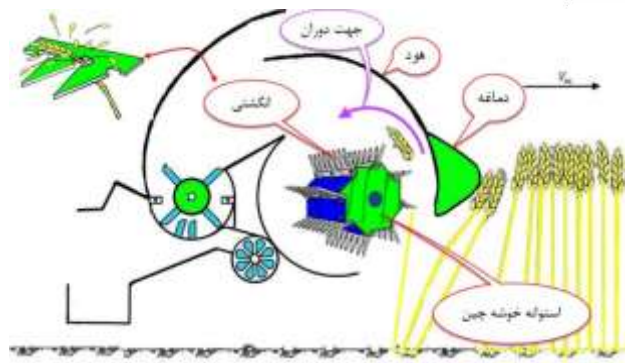
ABSTRACT

Iran is one of the thirteen largest wheat producers in the world, but the loss of wheat harvest in the country is high, in some cases, it is reported to be about 30%. Even when applying the best settings and best working conditions, about 5% to 10% of the product is wasted, which is much higher under actual operating conditions. A method used to reduce the loss of grain and cereal crops is the use of the head stripper method, which has been popular in many European countries for many years. In these heads, the cutting mechanism used in conventional combines is not used, but by using a special mechanism, only the cluster of the product is sliced and the stem remains in the soil without any shear. With these combines, the speed can be increased up to 12 km/h, which speeds up the size of the conventional pick-up (km/h 2-6). One of the reasons, why Iranian farmers are not welcomed by the head stripper is their high cost and the lack of compliance with the conditions of the Iranian farms. In this study, the head stripper laboratory was designed to determine the optimal conditions of the machine and identify its disadvantages and problems, and then based on the results obtained from the production of a sample of industrial with lower cost and more efficiency than the imported heads.

Keywords: Design, Stripper header, Wheat, Harvester

۱- مقدمه

لازمه‌ی شکوفایی صنعت یک کشور در حال توسعه با توجه به پیشرفت روز افزون سایر کشورها، اقدام به استفاده از تکنولوژی مونتاژ از صنایع موجود در کشورهای صنعتی در کنار توجه ویژه به نیروها و استعدادهای داخلی آن کشور می‌باشد. ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه و صنعت کشاورزی، صنایع و ماشین آلات موجود در آن نیز از این قاعده کلی مستثنی نیستند. اما آنچه که ماشین آلات کشاورزی را از سایر صنایع مستثنی می‌کند، میزان توجه به مطابقت آن با شرایط اقلیمی و آب و هوایی است چرا که اگر این اصل مورد غفلت واقع شود، نه تنها مونتاژ و کپی سازی به پیشرفت کمی نمی‌کند، چه بسا با هدر دادن منابع عظیم سرمایه باعث پسرفت نیز گردد (Mirzazadeh et al., 2011). محققین، افت محصول در قسمت هد را به عنوان بالاترین میزان افت (بیش از ۵۰٪) در بین قسمت‌های مختلف کمباین معرفی کردند (Srivastava et al., 2006). بنابراین مطالعه و بررسی هر روشی به منظور کاهش تلفات هد بسیار سودمند و مفید خواهد بود. یک روش مورد استفاده برای کاهش تلفات ریزش غلات در حین برداشت استفاده از کمباین‌های خوشه‌چین می‌باشد (Nikravesh, 2008) که در سال‌های اخیر در کشورهای اروپایی رایج شده است (Straksas, 2006). این روش انجام هم‌زمان چهار عمل بلند کردن محصول، کندن خوشه از ساقه، کوبش جزئی و انتقال محصول به واسطه هوای اطراف استوانه به داخل مخزن می‌باشد (Douthwaite et al., 1993). در واقع در این روش فقط خوشه محصول کنده می‌شود و ساقه بر روی زمین باقی می‌ماند (Klinner, 1991). شکل ۱ شماتیکی از اصول کار این نوع کمباین‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- اجزای اساسی و اصول کار کمباین های خوشه چین.

باقی ماندن ساقه با ارتفاعی زیاد بر روی خاک در حفظ رطوبت خاک، کنترل فرسایش آبی و خاکی مزرعه (Wilkins, 1996) کاشت گیاه ثانوی کنار گیاه مؤثر می‌باشد (Error! Reference source not found.) و به علت وارد شدن فقط ۵-۲۵ درصد مواد غیر دانه‌ای به کوبنده (Error! Reference source not found.; Error! Reference source not found.) مشکل بیش باری کمباین حذف می‌شود و تلفات ناشی از الک‌ها، غربال‌ها در کوبنده کاهش می‌یابد. کاهش کاه و کلش ورودی به دستگاه مزایای دیگری از جمله عدم نیاز به کاه پُران‌ها و کوبنده با حجم ابعادی بزرگ را دارد که سبب کاهش قدرت مصرفی تا ۴۰ درصد (Error! Reference source not found.) و کاهش مصرف سوخت در حدود ۵/۸۶ l/ha نسبت به هد های متداول می‌شود (Error! Reference source not found.) قطر استوانه خوشه چین، سرعت پیش روی، زاویه ورود انگشتی به محصول، ظرفیت تک شانه، سرعت دورانی استوانه خوشه چین، ساختار هندسی هود، تعداد و شکل انگشتی و نحوه نصب آن‌ها بر روی استوانه خوشه چین، فشار هوا در دهانه ورودی و خروجی هد خوشه چین، ارتفاع استوانه خوشه چین از سطح زمین، نسبت سرعت پیش روی دستگاه به سرعت دورانی استوانه خوشه چین و فاصله افقی و عمودی نوک انگشتی‌ها تا هود بترتیب در دهانه ورودی و خروجی هد از پارامترهای مهم در طراحی هد خوشه چین می‌باشد. (Klinner, 1991). در حال حاضر شرکت شلبورن انگلستان یکی از سازنده‌های بزرگ کمباین‌های خوشه چین خودگردان در دنیا است که تولیدات آن به بیش از ۳۰ کشور دنیا صادر می‌گردد. ولی مشکل اصلی این کمباین‌ها علاوه بر قیمت بالای آنها که کشاورزان ایرانی عمدتاً توان پرداخت چنین هزینه‌هایی را ندارند، عدم سازگاری این کمباین‌ها با شرایط مزارع ایران به دلیل کوچک بودن آنها و تراکم پایین محصول در مزارع ایران می‌باشد. بنابراین طراحی و بومی سازی این تکنولوژی خروج ارز از کشور را برای خرید کمباین‌های گران قیمت خارجی کاهش داده و بدلیل هزینه تمام شده پایین هر کشاورز به تنهایی و یا به صورت اشتراکی با سایر کشاورزان قادر به خرید یک دستگاه از آن خواهند بود. این مورد می‌تواند در مدیریت مناسب مزرعه و کاهش تلفات برداشت دانه‌ها به دلیل عدم تاخیر در برداشت محصول مؤثر باشد. بنابراین هدف این تحقیق طراحی نمونه آزمایشی هد خوشه چین مناسب برای مزارع ایران می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- انتخاب طرح مناسب کمباین خوشه چین

طبق مطالعات انجام شده بر روی طرح‌های مختلف هدهای خوشه چین و شبیه سازی مزرعه آزمایشی در این تحقیق طراحی هد خوشه چین به نحوی انجام شد که از روش (Bhanage et al., 2017) برای شبیه سازی مزرعه آزمایشی استفاده شود (شکل ۲). به همین منظور عرض کار هد ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته شد تا ضمن استفاده از تسمه نقاله برای شبیه سازی مزرعه تحقیقاتی هزینه ساخت کاهش یابد.





۲-۲- طراحی نمونه آزمایشگاهی هد خوشه چین

پارامترهای متعددی بر کارکرد مناسب این نوع کمباین‌ها موثرند (Klinner, 1987) و این پارامترها شدیداً بر همدیگر اثر متقابل داشته و لذا تعیین شرایط بهینه ماشین را مشکل می‌سازد. مهم‌ترین این فاکتورها عبارتند از:

- ۱- نسبت سرعت پیشروی هد به سرعت دورانی استوانه (λ)
- ۲- ارتفاع مرکز شفت استوانه از زمین
- ۳- قطر استوانه
- ۴- تعداد و شکل انگشتی‌ها
- ۵- فشار هوای ورودی و خروجی هد
- ۶- زاویه ورود انگشتی‌ها به محصول
- ۷- فاصله افقی و عمودی نوک تیغه تا دماغه خوشه چین
- ۸- مشخصات فیزیکی و تراکم محصول در مزرعه

این شرایط ایجاب می‌نماید طراحی نمونه آزمایشی هد به گونه‌ای انجام شود که تمام پارامترهای موثر به راحتی قابل تغییر باشد تا شرایط بهینه دستگاه شناسایی و معایب و مشکلات آن مشخص و سپس بر اساس نتایج حاصله نسبت به ساخت نمونه اصلی اقدام گردد. این مورد می‌تواند تا حد بسیار زیادی در کاهش هزینه‌های ساخت کمباین موثر واقع گردد.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد بیش از ۷۵٪ تلفات کمباین‌های خوشه‌چین در قسمت هد دستگاه اتفاق می‌افتد (Klinner et al., 1987; Tado et al., 1998; Wilkins, 1996). در این خصوص تاثیر فاصله افقی نوک تیغه تا دماغه خوشه چین و همچنین فاصله عمودی بین دماغه خوشه چین تا مرکز استوانه خوشه چین جزء فاکتورهای مهم و موثر بر کارکرد دستگاه و در مقابل سرعت دورانی و سرعت پیشروی در جایگاه دوم اهمیت قرار دارند (Klinner, 1987). در زیر روش تعیین مقادیر بهینه برخی از فاکتورهای فوق ذکر و به تفکیک بحث شده است.

۲-۳- مشخصات مزرعه و محصول

به منظور تعیین مشخصات فیزیکی محصول تعداد ۱۰۰ عدد ساقه گندم از مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت به طور کامل از ریشه کنده شده و پارامترهای موثر آن از جمله ارتفاع بوته‌ها، فاصله از ابتدای پایین‌ترین خوشه تا انتهای بالاترین خوشه، اندازه خوشه‌ها و اختلاف ارتفاع بین پایین‌ترین و بالاترین خوشه اندازه گیری شد. همچنین برای محاسبه تراکم ساقه در هکتار مساحت یک متر مربع در مزرعه طناب کشیده و تعداد ساقه‌ها در این مساحت با سه تکرار شمرده شد (شکل ۳).



شکل ۳- اندازه گیری تراکم محصول در مزرعه.

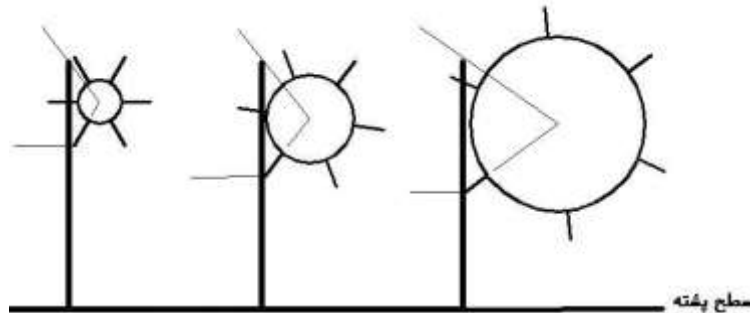
در جدول ۱ برخی از خواص فیزیکی خوشه گندم که در مزرعه اندازه گیری شده آورده شده است

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی خوشه گندم رقم بیشتاز مورد استفاده در طراحی

ویژگی فیزیکی	ارتفاع محصول (cm)	طول خوشه (cm)	اختلاف ارتفاع بین کوتاه ترین و بلندترین ساقه (cm)
میانگین	67.98±2.08	8.33±1.85	5.56

۲-۴- تعیین قطر مناسب استوانه خوشه چین

قطر استوانه خوشه چین یکی از فاکتورهای موثر در افزایش درصد خوشه‌های چیده شده و همچنین کاهش مقدار تلفات ریزش دانه می‌باشد. مطابق شکل ۴، قطر استوانه خوشه چین رابطه مستقیم با ارتفاعی از بوته که عملیات خوشه چینی بر روی آن صورت می‌گیرد دارد. پیداست که استوانه‌های با قطر کم، محدوده کاری کوچکتری دارند و با افزایش قطر استوانه خوشه چین، محدوده کاری دستگاه نیز افزایش می‌یابد. در صورت انتخاب قطر استوانه خوشه چین معادل ۶۰ سانتیمتر انتظار می‌رود که طولی از ساقه معادل ۴۴/۶ سانتیمتر تحت برداشت قرارگیرد که با توجه به مشخصات فیزیکی محصول در مزارع ایران، مناسب برای طراحی برای در این تحقیق می‌باشد.



کف شیار

شکل ۴- تاثیر قطر استوانه خوشه چین بر ارتفاع خوشه چینی

۲-۵- تعیین تعداد و شکل انگشتی‌ها

برای تعیین تعداد بهینه شانه ابتدا مفهومی تحت عنوان "ظرفیت مزرعه ایی تک شانه" را به صورت زیر تعریف می‌کنیم: همانطور که از شکل ۵ پیداست هنگامیکه شانه از نقطه A_1 به نقطه A_2 می‌رسد، ساقه‌هایی که در بین دو نقطه f و k در سطح زمین قرار دارند برداشت می‌شوند. این بدان معناست که مقدار طولی از مزرعه که توسط هر شانه چیده می‌شود معادل $fk = \Delta x$ می‌باشد که این مقدار ظرفیت مزرعه‌ای تک شانه نامیده می‌شود. حال اگر فرض شود که تعداد شانه‌های واقع بر روی استوانه خوشه چین معادل Z باشد خواهیم داشت:

$$s_0 = v_m \frac{2\pi}{Z\omega} = \frac{2\pi R}{Z\lambda} = \frac{\pi D}{Z\lambda} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} s_0 &= \text{ظرفیت مزرعه‌ای تک شانه} \\ \lambda &= \text{شاخص سینماتیکی} \\ Z &= \text{تعداد شانه} \\ v_m &= \text{سرعت پیشروی} \\ D &= \text{قطر استوانه خوشه چین} \\ R &= \text{شعاع استوانه خوشه چین} \end{aligned}$$

مطابق رابطه ۱ ظرفیت مزرعایی تک‌شانه (S_0) تحت تاثیر ابعاد استوانه خوشه چین است و تعداد شانه می‌باشد. همانطور که از رابطه ۱ پیداست، قطر استوانه خوشه چین با ظرفیت مزرعایی هر شانه رابطه مستقیم دارد. ضمناً تعداد شانه‌ها رابطه عکس با ظرفیت مزرعه ایی هر تک‌شانه دارد. بنابراین ظرفیت مزرعایی هر شانه را می‌توان با افزایش قطر استوانه و یا کاهش تعداد شانه‌های واقع بر روی استوانه افزایش داد. باید توجه داشت که افزایش قطر استوانه موجب حجیم شدن و همچنین سنگین شدن دستگاه خواهد شد و هزینه‌های ساخت را نیز افزایش می‌دهد. در حالیکه کم کردن تعداد شانه‌ها قاعدتاً در عملکرد کمباین خللی وارد نمی‌کند و از طرفی هزینه‌های ساخت را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین در طراحی تصمیم بر آن شد تا تعداد شانه‌ها به چهار ردیف کاهش یابد.

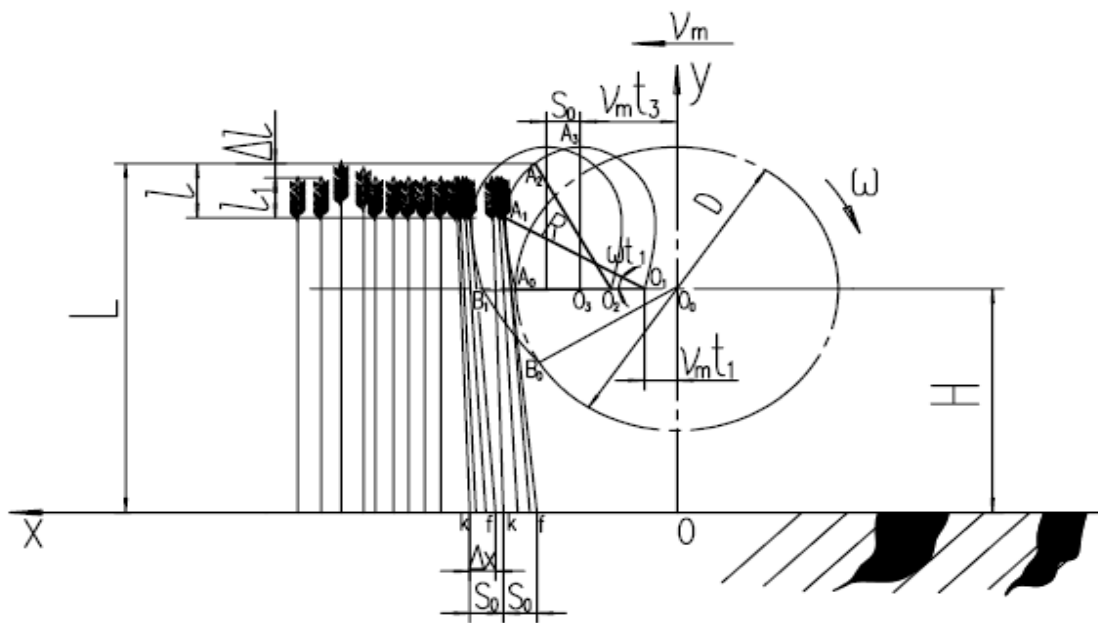
۶-۲- روابط سینماتیکی حاکم بر استوانه خوشه‌چین

در شکل ۴ نمایی از استوانه خوشه چین یک هد خوشه‌چین نشان داده شده است. در این حالت فرض می‌شود سرعت پیشروی هد معادل v_m و سرعت خطی نوک تیغه‌ها معادل v_s باشد. ضمناً فرض می‌شود که محصول کاملاً به حالت ایستاده قرار دارد و هر نقطه از تیغه مسیری سیکلوئیدی را طی می‌نماید. با دوران استوانه خوشه چین در خلاف جهت پیشروی، اولین نقطه درگیری شانه و محصول نقطه A_1 می‌باشد. برای آنالیز شرایط حاکم بر سیستم یک مختصات کارتزین به شرح زیر تعریف می‌شود:

O : مرکز مختصات

O_0 : مرکز شفت استوانه

A_0 : مکان اولیه شانه قبل از آغاز حرکت



شکل ۵- نمودار حرکت شانه

در لحظه t شانه در نقطه A_1 قرار دارد. بر این اساس معادله ریاضی مسیر حرکت تیغه را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود (Yuan & Lan, 2007):

(2007):

که در آن:

$$\dot{X} = v_m + R\cos(\omega t)$$

$$y = H + R\sin(\omega t)$$

(۲)

H = ارتفاع مرکز شفت استوانه خوشه چین از سطح زمین، متر

X = مسافت طی شده در راستای محور X

Y = مسافت طی شده در راستای محور Y

T = زمان



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



در نقطه A1 که اولین نقطه تماس شانه با محصول است، v_{1x} باید صفر باشد، چرا که در این نقطه تیغه فقط به سمت بالا حرکت می کند و مولفه افقی سرعت آن صفر است. بر این اساس می توان نوشت:

$$V_X = \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

$$v_{1x} = V_m - R\omega \sin(\omega t) = 0 \quad (4)$$

$$\sin(\omega t_1) = \frac{v_m}{R\omega} = \frac{1}{\lambda} \quad (5)$$

همانطور که در شکل ۵ ملاحظه می شود در لحظه t_1 شانه در نقطه A1 قرار دارد بنابراین:

$$y = L - L_1 - \Delta L \quad (6)$$

که با جایگذاری رابطه ۵ در رابطه ۲ می توان ارتفاع مناسب مرکز شفت استوانه خوشه چین از سطح زمین را طبق رابطه زیر بدست آورد

$$H = L - L_1 - \Delta L - \frac{R}{\lambda} \quad (7)$$

که در آن:

L: طول ارتفاع محصول

L1: طول خوشه محصول

ΔL : اختلاف ارتفاع بین بلندترین و کوتاهترین محصول

در واقع رابطه ۷ رابطه ایست که از پارامترهای مختلف تشکیل شده و از آنجا که نقطه A1 اولین نقطه ورود شانه به محصول است، مقدار این رابطه بیشترین مقدار برای فاصله مرکز استوانه از سطح زمین خواهد بود (Yuan & Lan, 2007)

$$H_{max} \leq L - L_1 - \Delta L - \frac{R}{\lambda} \quad (8)$$

حال که مقدار ماکزیمم فاصله مرکز استوانه از سطح زمین مشخص شد باید مقدار کمینه آنرا نیز بدست آورد. از شکل ۵ پیداست که عملیات خوشه

چینی شانه در نقطه A2 پایان میابد، بنابراین با جایگذاری پارامترهای y و L در رابطه ۲ خواهیم داشت:

$$L = H + R\sin(\omega t_2) \quad (9)$$

همزمان با چرخش استوانه خوشه چین، حرکت شانه ادامه میابد تا اینکه به نقطه A3 می رسد. از شکل ۵ پیداست که در این نقطه مولفه عمودی

سرعت تیغه صفر است و در واقع این نقطه، نقطه پایانی کار شانه است. بنابراین خواهیم داشت:

$$v_{3y} = \frac{dy}{dt} = R\omega \cos(\omega t_3) = 0 \quad (10)$$

$$\omega t_3 = \frac{\pi}{2} \quad (11)$$

با جایگذاری رابطه $\omega t_3 = \frac{\pi}{2}$ در رابطه ۲ و مقایسه با رابطه ۹ می توان حداقل فاصله مرکز استوانه از سطح زمین را طبق رابطه زیر بدست آورد:

$$H_{min} \geq L - R \quad (12)$$

حال با ترکیب روابط ۸ و ۱۲ دامنه تغییرات ارتفاع H طبق رابطه زیر بیان می گردد

$$L - L_1 - \Delta L - \frac{R}{\lambda} \geq H \geq L - R \quad (13)$$

نکته مهمی که از رابطه ۱۳ استنباط می شود آن است که در صورت ثابت بودن مقدار پارامترهای λ (شاخص سینمانیکی)، R (شعاع استوانه خوشه-چین)، H (ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از سطح زمین) بایستی بر اساس مشخصات فیزیکی محصول (ارتفاع خوشه ها، ارتفاع گیاه) تعیین شود.

با استفاده از معادلات حاکم بر استوانه خوشه چین حداکثر و حداقل ارتفاع مجاز استوانه خوشه چین در سرعت پیشروی ۶، ۸ و ۱۲ کیلومتر بر ساعت و سرعت های دورانی ۷۵۰، ۹۰۰ و ۱۱۰۰ دور در دقیقه برای حالتی که شعاع استوانه خوشه چین ۳۰ سانتی متر باشد در جداول ۲ و ۳ آورده شده است

جدول ۲- حداکثر و حداقل ارتفاع مجاز استوانه خوشه چین با تغییرات سرعت دورانی روتور

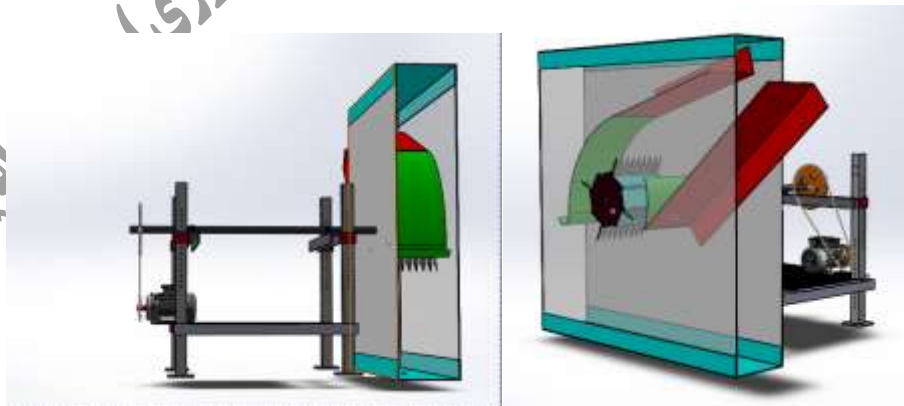
سرعت دورانی (rpm)	سرعت پیشروی (km/h)	حداکثر ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین (cm)	حداقل ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین (cm)
750		54/052	
900	6	53/059	37/98
1100		53/064	

مطابق جدول ۲ با افزایش سرعت دورانی استوانه خوشه چین حداکثر ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین افزایش می یابد ولی حداقل ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین تغییری نمی کند. علت عدم تغییر حداقل ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین با تغییرات سرعت عدم تاثیر سرعت دورانی، سرعت پیشروی و شاخص سینماتیکی در طرف راست معادله ۱۳ می باشد.

جدول ۳- حداکثر و حداقل ارتفاع مجاز استوانه خوشه چین با تغییرات سرعت پیشروی

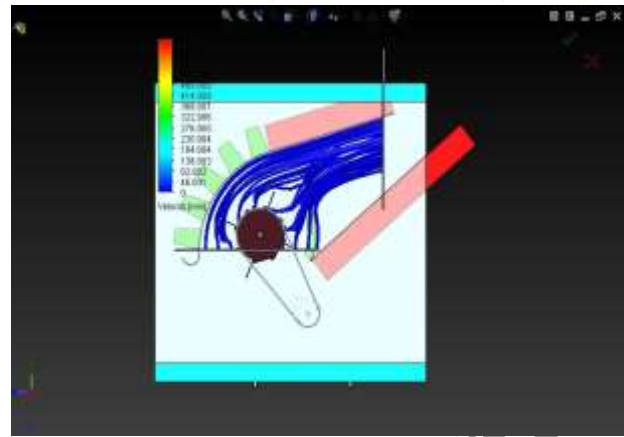
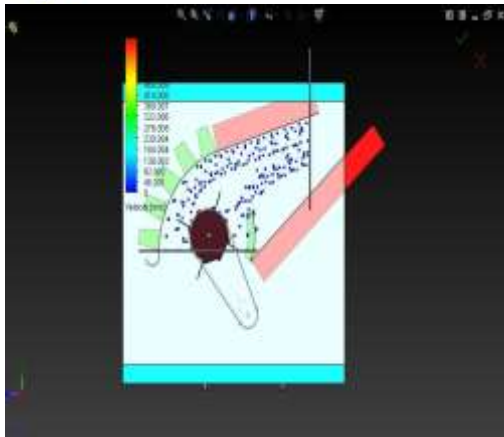
سرعت دورانی (rpm)	سرعت پیشروی (km/h)	حداکثر ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین (cm)	حداقل ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین (cm)
	6	54/052	
750	8	53/049	37/98
	10	53/028	

همچنین مطابق جدول ۳ با افزایش سرعت پیشروی حد اکثر ارتفاع مرکز استوانه خوشه چین از زمین کاهش پیدا می کند علت این امر کاهش مقدار شاخص سینماتیکی (λ) با افزایش سرعت پیشروی و در نتیجه افزایش مقدار طرف چپ معادله ۱۳ می باشد. با در نظر گرفتن تمام پارامترها، هد خوشه چین آزمایشگاهی طوری طراحی شد که پارامترهای موثر در کارکرد هد از جمله ابعاد دریچه خروجی، ابعاد دریچه ورودی، ارتفاع استوانه خوشه چین و دماغه، سرعت دورانی استوانه خوشه چین، تعداد شانه بر روی استوانه خوشه چین و شکل هود قابل تغییر باشد. همچنین دیواره کناری هد از طلق شیشه ای طراحی شده تا با استفاده از دوربین سرعت بالا و تصاویر ثبت و با آنالیز و پردازش آنها شرایط بهینه دستگاه شناسایی و معایب و مشکلات آن مشخص شود. سپس بر اساس نتایج حاصله نسبت به ساخت نمونه اصلی اقدام گردد.



شکل ۶- طرح واره هد خوشه چین طراحی شده

همچنین با توجه به اهمیت مشخصات جریان هوای ایجاد شده در اثر دوران استوانه خوشه چین، سرعت هوای داخل هد مطابق شکل ۶ در نرم افزار سالیدورک شبیه سازی شد که مطابق جدول ۴ بیشترین سرعت هوا داخل هد ۱۰/۰۴۱ متر بر ثانیه حاصل گردید.



شکل ۷- شبیه سازی سرعت هوا داخل هد خوشه چین

جدول ۴- حداکثر سرعت هوای شبیه سازی شده در داخل هد

مقدار	واحد	شاخص
۱۰/۰۴۱	m/s	بیشترین سرعت

مراجع

- Mirzazadeh, A., Abdollahpour, Sh, & Moghadam, M. (2011). Effect of design parameters on separation of grain in thresher to minimize separation loss of combine. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(3): 1-11.
- Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. R. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASAE) St Joseph, MI, USA.
- Price, J. (1988). Performance Comparison of a Combine with Multi-cylinder Separation Using Cutterbar and Stripper Headers in 1987: AFRC Institute of Engineering Research.
- Schlegel, A. (2016). Wheat Stubble Height on Subsequent Corn and Grain Sorghum Crops. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 2(7), 12.
- Bhanage, G. B., Shahare, P. U., Aware, V. V., Dhandeand, K. G., & Deshmukh, P. S. (2017). Development of stripper harvester for paddy. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 1943-1948.
- Chegini, G. R., & Mirnezami, S. V. (2012). Analysis and comparison of wheat losses in two harvesting methods. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(3), 91-98.
- Chegini, G. R., & Mirnezami, S. V. (2012). Analysis and comparison of wheat losses in two harvesting methods. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14(3), 91-98.
- Douthwaite, B., Quick, G. R., & Tado, C. J. M. (1993). Stripping: A new approach to small-area rice harvesting. *Philippine Journal of Crop Science*, 18(2), 119-127.
- Klinner, W. E. (1990). Crop harvesting apparatus and methods." U.S. Patent No. 4,991,385.
- Klinner, W. E. (1991). Crop harvesting apparatus and methods." U.S. Patent No. 5,044,147.
- Klinner, W. E., Neale, M. A., & Arnold, R. E. (1987). new stripping header for combine harvesters. *Agricultural engineer*.
- strakšas, A. (2006). Development of a stripper-header for grain harvesting. *Agronomy research*, 4(1), 79-89.
- Wilkins, D. E., Douglas, C. L., & Pikol Jr, J. L. (1996). Header loss for Shelbourne Reynolds stripper-header harvesting wheat. *Applied Engineering in Agriculture*, 12(2), 159-162.
- Yuan, J., & Lan, Y. (2007). Development of an Improved Cereal Stripping Harvester.